

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

**ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТА РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»**

(для слухачів другої вищої освіти  
за напрямом підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології»  
зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання»)

Програма навчальної дисципліни та робоча програма навчальної дисципліни «Електричні системи та мережі» (для слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. О. Перепечений. – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. – 24 с.

Укладач: В. О. Перепечений

Рецензент: доц., к.т.н. І. Г. Абраменко

*Рекомендовано кафедрою "Електропостачання міст", протокол № 7 від „25” 04 2013 р.*

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Мета, предмет та місце дисципліни .....	5
1.1.1. Мета та завдання вивчення дисципліни .....	5
1.1.2. Предмет вивчення дисципліни .....	5
1.1.3. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця .....	5
1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни .....	5
1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги .....	9
1.4. Рекомендована основна навчальна література .....	11
1.5. Анотація програми навчальної дисципліни .....	11
<b>2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ .....</b>	<b>13</b>
2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи .....	13
2.2. Зміст дисципліни .....	13
2.3. Лекційний курс .....	16
2.4. Практичні (семінарські) заняття .....	19
2.5. Лабораторні роботи .....	20
2.6. Індивідуальні завдання .....	20
2.7. Самостійна навчальна робота студента .....	21
2.8. Засоби контролю та структура залікового кредиту .....	21
2.9. Інформаційно-методичне забезпечення .....	21
2.9.1. Рекомендована основна навчальна література .....	21
2.9.2. Додаткові джерела .....	22
2.9.3. Методичне забезпечення .....	22

## **ВСТУП**

Запропоновані програма та робоча програма навчальної дисципліни “Електричні системи та мережі” призначені для слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 – „Електротехніка та електротехнології” зі спеціальності „Електротехнічні системи електроспоживання”.

У програмі наведена структура курсу, детальний перелік тем, розподіл часу за темами, система оцінювання знань. Навчання за вказаними темами призначене для студентів ВНЗ та можуть бути корисними для інженерно-технічного персоналу, який займається проектуванням та експлуатацією електричних мереж.

Програма побудована за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Статус дисципліни: нормативна.

Загальна кількість: 6 кредитів. ECTS / годин 216.

Освітньо-кваліфікаційний рівень підготовки: бакалавр.

Програма складена на основі:

СВО ХНАМГ ОКХ підготовки бакалавра спеціальності 6.050701 Електротехнічні системи електроспоживання, 2007 р.

СВО ХНАМГ навчальний план підготовки бакалавра спеціальності 6.050701 Електротехнічні системи електроспоживання, 2007 р.

Програму ухвалено: кафедрою електропостачання міст (протокол №3 від 25 березня 2013 р.) Вченою радою факультету електропостачання та освітлення міст (протокол №6 від 24 квітня 2013 р.).

# **1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

## **1.1. Мета, предмет та місце дисципліни**

### **1.1.1. Мета та завдання вивчення дисципліни**

Формування знань в області теорії розрахунків і аналізу режимів та проектування електричних систем і мереж, а також практичних навичок з розрахунку сталих режимів їх роботи, забезпечення при проектуванні й експлуатації електричних систем і мереж економічності, надійності електропостачання та якості електричної енергії.

### **1.1.2. Предмет вивчення дисципліни**

Сталі режими електричних мереж та систем, аналіз їх дії, оптимізація параметрів і режимів електричних систем та мереж, принципи проектування, а також заходи та технічні засоби керування електроенергетичними системами та мережами.

### **1.1.3. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця**

<b>Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни</b>	<b>Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну</b>
Філософія	Електрична частина станцій та підстанцій
Загальна фізика	Перехідні процеси в електроенергетиці
Вища математика	Електричні апарати
Теоретичні основи електротехніки	Електропостачання міст та промислових підприємств
Технологія виробництва електроенергії	Кабельні та повітряні лінії електропередачі
Математичні задачі електроенергетики	Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем
Електричні машини	Комп'ютерні інформаційні технології в енергетиці
	Споживачі електричної енергії

## **1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни (відповідно до стандартів ОПП)**

**Модуль 1. Аналіз та розрахунки режимів електричних систем та мереж (3,0/108)**

**Змістові модулі (ЗМ)**

**ЗМ 1.1. Загальні відомості про електричні системи та мережі.**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Вступ. Місце в системі підготовки фахівців, характеристика структури і змісту курсу. Історія розвитку електричних систем і мереж. Характеристика сучасного стану енергетики в Україні, країнах СНД і світової енергетики.

Терміни та визначення. Класифікація електричних мереж. Класифікація

споживачів електричної енергії. Вимоги до електричних мереж.

Основні елементи ліній електропередач. Основні елементи повітряних ліній. Кабельні лінії електропередач.

Режими роботи нейтралей в електричних мережах. Електричні мережі з ізольованою нейтраллю. Електричні мережі з ізольованою нейтраллю, заземленою через резистор. Електричні мережі з глухо заземленою нейтраллю.

Схеми електричних мереж. Схеми місцевих розподільних електричних мереж. Схеми районних розподільних електричних мереж. Принципи побудови системоутворюючих мереж змінного струму.

### **ЗМ 1.2. Розрахунок параметрів схем заміщення та параметрів режимів електричних систем та мереж.**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Параметри схем заміщення повітряних та кабельних ліній електропередач. Схеми заміщення ліній електропередач. Параметри та схеми заміщення трансформаторів. Втрати потужності та електричної енергії в лініях і трансформаторах. Втрати потужності та електричної енергії в трансформаторів. Способи зображення комплексних навантажень на розрахункових схемах. Спад та втрата напруги в елементах електричної мережі. Спад і втрата напруги в лініях, напругою до 35 кВ включно з декількома навантаженнями. Окремі випадки розрахунку режиму напруги в лініях напругою до 35 кВ. Розрахунок режиму напруги в лініях напругою 110-220 кВ.

### **ЗМ 1.3. Питання проектування електричних мереж**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Задачі і стадійність проектування електричних систем і мереж. Основні техніко-економічні показники. Техніко-економічне порівняння варіантів.

Класифікація споживачів по ступені надійності споживачів. Урахування чинника надійності при проектуванні електричних мереж.

Вибір номінальної напруги мережі. Вибір проводів і жил кабелів за економічною щільністю струму і за економічними інтервалами. Перевірка перетину за умовами допустимого нагрівання.

Вибір перетину проводів у розподільних мережах. Особливості вибору перетину по допустимій втраті напруги. Узгодження перетину проводів з апаратурою, що захищає мережу від перегріву.

Схеми електричних мереж. Основні типи мереж. Засоби підключення підстанцій до мережі. Типові схеми підстанцій.

### **ЗМ 1.4. Електробереження та якість електроенергії**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Показники якості електроенергії за ДСТУ. Вплив якості електроенергії на роботу мереж і електроприймачів. Соціальні проблеми якості електроенергії (безпека, комфортність, продуктивність праці й ін.)

Центральне і місцеве регулювання напруги в електроенергетичних системах. Регулювання напруги на електростанціях і підстанціях. Трансформатори з РПН і ПВВ. Лінійні регулювальні трансформатори.

Розрахунок ступіней регулювання трансформаторів і авто трансформаторів. Вибір ЛРТ.

Регулювання напруги зміною опору мережі і зміною потоку реактивної потужності. Розрахунок устроїв, що компенсують, за умовою регулювання напруги.

Методи розрахунку втрат енергії. Метод графічного інтегрування. Розрахунок за часом найбільших втрат  $\tau$ . Метод  $\tau P$  і  $\tau Q$ .

Класифікація заходів щодо зменшення втрат електричної енергії. Заходи щодо зниження втрат електроенергії в мережах, що живлять. Заходи щодо зниження втрат у розподільних мережах.

## **Модуль 2. Основи аналізу сталого режиму електричних систем та мереж й керування ними (3/108)**

### **ЗМ 2.1. Аналіз сталого режиму електричних систем та мереж традиційними методами**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Статичні характеристики елементів й підсистем електричних систем та мереж. Особливості розрахунку режиму електричних мереж. Вибір номінальної напруги та конфігурації схеми електричних мереж. Вибір потужності трансформаторів на підстанції та розрахунок попереднього потокорозподілу. Вибір кількості кіл і перерізів проводів. Розрахунок режимів роботи електричних мереж з двобічним живленням. Метод перетворення складнозамкнутих електричних мереж. Метод контурних рівнянь. Метод накладання. Метод вузлових потенціалів.

### **ЗМ 2.2. Аналіз сталого режиму електричних систем та мереж формалізованими методами**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Елементи теорії матричного числення. Види матриць. Алгебраїчні дії з матрицями. Визначник і його властивості. Зворотна матриця і її обчислення. Матричні рівняння.

Рівняння вузлових потенціалів. Базисний і балансуєчий вузли. Формування матриць «Y» і «Z». Алгоритми розрахунку матриць «Y» і «Z».

Рівняння вузлових потенціалів у формі балансу вузлових потужностей. Приведення комплексних рівнянь вузлових потенціалів до речовинної форми запису. Рівняння втрат потужності в мережі.

Методи розрахунку режимів електричних мереж. Метод простих ітерацій і його застосування до рішення системи рівнянь із матрицею «Z». Блок-схема алгоритму. Збіжність методу простих ітерацій.

Метод Зейделя. Рівняння і блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму електричної мережі методом Зейделя на прикладі програми РРС-9. Методи поліпшення збіжності.

Ітераційний метод Ньютона. Матриця Якобі для електричної мережі й алгоритм її формування. Блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму методом Ньютона.

### **ЗМ 2.3. Питання оптимізації режимів електричних систем**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Математичні передумови оптимізації. Формулювання задачі. Прямої метод оптимізації. Метод Лагранжа.

Економічні характеристики теплових агрегатів. Оптимізація розподілу активних потужностей в енергосистемі. Відносний приріст витрати палива. Обчислення відносних приростів втрат у мережах.

Розподіл активного навантаження в енергосистемі з тепловими і гідравлічними електростанціями.

Розподіл генерації реактивної потужності в електричній системі. Комплексна задача розподілу активних і реактивних потужностей.

Вибір потужності устроїв, що компенсують, на підстанції. Оптимізація за умови мінімальних втрат. Оптимізація з умови мінімальних приведених витрат.

### **ЗМ 2.4. Курсовий проект**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Курсовий проект присвячений розрахункам, які потрібні для проектування електричних мереж. Метою проекту є створення у студентів практичних навичок проектування електричних живлячих мереж шляхом освоєння можливих алгоритмів проектування живлячої електричної мережі промислового району. Також студент повинен засвоїти основні питання, які можна назвати класичним набором проектування, в який входять: складання балансів активних і реактивних потужностей, техніко-економічне обґрунтування схеми мережі, вибір трансформаторів, розрахунки режимів, що встановилися, регулювання напруги, компенсація реактивної потужності.

В курсовому проекті студенти відповідно до індивідуального завдання повинні провести:

- розрахунки балансів активної і реактивної потужностей;
- спрощені розрахунки потокорозподілу;
- техніко-економічні розрахунки та вибір оптимального варіанту;
- ітераційні розрахунки сталих режимів;
- розрахунки за регулюванням напруги;
- вибір устроїв, що компенсують.



### 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

<b>Вміння (за рівнями сформованості) та знання</b>	<b>Сфери діяльності (виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова)</b>	<b>Функції діяльності у виробничій сфері (проектувальна, організаційна, управлінська, виконавська, технічна, інші)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Знати:		
– загальні поняття про електричні системи, історію їх розвитку, характеристику сучасного стану енергетики в Україні, країнах СНД і світової енергетики;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– режими нейтралі в електричних мережах;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– основні зведення про лінії електропередачі, трансформатори, автотрансформатори та принципи побудови їх схем заміщення;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– засоби представлення навантажень й генераторів у розрахунках електричних систем;	Виробнича	Проектувальна, управлінська
– графіки навантажень споживачів, режими роботи електричних станцій у залежності від їхнього типу;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська
– баланс активної потужності і його зв'язок із частотою в системі, регулювання швидкості обертання турбіни і частоти в системі;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська
– баланс реактивної потужності і його зв'язок рівнем напруги в системі і напругою в окремих її частинах, компенсація реактивної потужності, устрої, що компенсують, і їхнє розміщення в електричних мережах;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська
– цілі й особливості розрахунків електричних мереж, векторна діаграма лінії електропередачі, падіння і втрата напруги;	Виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– задачі і стадійність проектування електричних систем і мереж, основні техніко-економічні показники, техніко-економічне порівняння варіантів, вимоги до електропостачання споживачів в залежності від по ступені	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– схеми електричних мереж, засоби підключення підстанцій до мережі,	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна

1	2	3
– показники якості електроенергії за ДСТУ, вплив якості електроенергії на роботу мереж і електроприймачів, соціальні проблеми якості електроенергії (безпека, комфортність, продуктивність праці й ін.);	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– принципи та засоби регулювання напруги в електроенергетичних системах;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– методи розрахунку втрат електричної енергії, заходи та технічні засоби щодо зменшення втрат електричної енергії;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– методи та алгоритми розрахунку режимів електричних мереж;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська
– загальне уявлення про дію ліній надвисокої напруги, диференціальні рівняння лінії електропередачі і рівняння для сталого режиму, поняття про натуральну потужність, режими роботи далеких ліній електропередачі;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– математичні передумови оптимізації.	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
Вміти:		
– складати схеми заміщення електричних мереж та розраховувати параметри схем заміщення їх елементів (ліній електропередачі, трансформаторів, автотрансформаторів, навантаження, генераторів);	Виробнича	Проектувальна, технічна
– складати графіки навантажень споживачів (добові, річні, по тривалості), розраховувати кількість годин найбільшого навантаження й час найбільших втрат;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– складати баланс активної та реактивної потужності, вибирати й розташовувати устрої, що компенсують реактивну потужність;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– розраховувати сталі режими розімкнутих, замкнутих та складнозамкнутих мереж аналітичними способами;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– вирішувати техніко-економічні задачі проектування електричних систем і мереж з урахуванням чинників надійності споживачів;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна

1	2	3
– проводити вибір номінальної напруги мережі;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– проводити вибір перетину проводів й жил кабелів у низьковольтних і високовольтних розподільних, а також у живильних, мережах;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, технічна
– проводити вибір схеми електричних мереж та типових схем електричних підстанцій;	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– оцінювати якість електроенергії, вибирати заходи й засоби регулювання напруги та інших показників якості;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– визначати споживання та втрати електричної енергії, застосовувати заходи та технічні засоби, щодо зниження втрат електроенергії в мережах;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– виконувати розрахунки сталих режимів електричних мереж;	Виробнича	Проектувальна, технічна
– виконувати розрахунки сталих режимів електричних мереж в особливих режимах подовженої та поперечної несиметрії.	Виробнича	Проектувальна, технічна

#### 1.4. Рекомендована основна навчальна література

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
2. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1998. – 511 с.
3. Электрические системы и сети / Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Г.И. Денисенко, В.С. Перхач; под ред. Г.И. Денисенко. – К.: Вища шк., 1986. – 584 с.
4. Петренко Л.И. Электрические сети: Сборник задач. – К.: Высш. шк., 1985. – 271 с.
5. Сендерович Г.А. Электричні системи і мережі: короткий конспект лекцій за курсом „Електричні системи і мережі”. - Х.: ХДАМГ, 2003. – 73 с.
6. Проектирование систем электроснабжения: Уч. пособие / О.Г.Гриб, А.Л. Ерохин, Г.А. Сендерович, К.А. Старков.– Х.: ХГАГХ, 2002. – 185 с.
7. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапира. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

#### 1.5. Анотація програми навчальної дисципліни

##### ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

У курсі “Електричні системи та мережі” вивчаються загальні відомості про електричні системи і мережі, принципи їх виконання, робочі режими,

техніко-економічні основи проектування, методи розрахунків режимів аналітичним шляхом і застосування засобів обчислювальної техніки.

Розглянуто особливі режими електричних мереж, питання якості електроенергії і електрозбереження. Дано основи теорій з ліній електропередачі надвисокої напруги і з оптимізації режимів енергосистем.

В курсе “Электрические системы и сети” изучаются общие сведения об электрических системах и сетях, принципы их выполнения, рабочие режимы, технико-экономические основы проектирования, методы расчетов режимов аналитическим путем, использование средств вычислительной техники.

Рассмотрены особые режимы электрических сетей, вопросы качества электроэнергии и электросбережения. Даны основы теорий линий электропередачи сверхвысокого напряжения и оптимизации режимов энергосистем.

In a rate “Electric systems and networks” are studied the general data on electric systems and networks, principles of their performance, an operating conditions, technical and economic bases designing, methods of calculations of modes by analytical way and on the computer.

Special modes of electric networks, questions of quality of the electric power and the electro savings are considered. Bases of theories of transmission lines of a ultrahigh voltage and optimization of modes of power supply systems are given.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи (друге вище навчання)

Спеціальність, спеціалізація (шифр, аббревіатура)	Всього, кредит /годин	Тримістр (и)	Години								Екзамен (тримістр)	Заліки (тримістр)
			у тому числі				Самостійна робота	у тому числі				
			Аудиторні	Лекція	Практичні, семінари	Лабораторні		Контр.робота	КП/КР	РГР		
6. 050701	3/108	3	18	10	4	4	90			18		3
	3/108	4	18	8	6	4	90		36		4	

### 2.2. Зміст дисципліни (друге вище навчання)

(обов'язкова складова за СВО ХНАМГ ПНД ЕСМ та додаткова частина)

**Модуль 1.** Аналіз та розрахунки режимів електричних систем та мереж. (3/108)  
(назва модулю) (кількість кредитів/годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1 Загальні відомості про електричні системи та мережі (1,0/36)  
(назва змістового модулю) (кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи

1. Вступ. Місце в системі підготовки фахівців, характеристика структури і змісту курсу. Історія розвитку електричних систем і мереж. Загальні поняття про електричні системи. Характеристика сучасного стану Енергетики в Україні, країнах СНД і світової енергетики.

2. Класифікація електричних мереж. Вимоги до електричних мереж. Номінальна напруга елементів електричних систем. Система позначень.

3. Режим нейтралі в електричних мережах. Конструктивне виконання повітряних та кабельних ліній.

4. Класифікація споживачів електричної енергії.

5. Вимоги до електричних мереж.

6. Основні елементи ліній електропередач.

7. Схеми електричних мереж. Схеми місцевих розподільних мереж. Схеми районних розподільних мереж. Принципи побудови системоутворюючих мереж змінного струму.

ЗМ 1.2. Розрахунок параметрів схем заміщення та параметрів режимів електричних систем та мереж (1,0/36)  
(назва змістового модулю) (кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи

1. Параметри схем заміщення повітряних та кабельних ліній електропередач.

2. Схеми заміщення ліній електропередач. Параметри та схеми заміщення

трансформаторів.

3. Втрати потужності та електричної енергії в лініях і трансформаторах. Втрати потужності та електричної енергії в трансформаторах. Способи зображення комплексних навантажень на розрахункових схемах.

4. Спад та втрата напруги в елементах електричної мережі. Спад і втрата напруги в лініях, напругою до 35 кВ включно з декількома навантаженнями.

5. Окремі випадки розрахунку режиму напруги в лініях напругою до 35 кВ. Розрахунок режиму напруги в лініях напругою 110-220 кВ.

ЗМ 1.3. Питання проектування електричних мереж (0,5/18)  
(назва змістового модулю) (кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи:

1. Задачі і стадійність проектування електричних систем і мереж. Основні техніко-економічні показники. Техніко-економічне порівняння варіантів.

2. Класифікація споживачів по ступені надійності споживачів. Врахування чинника надійності при проектуванні електричних мереж.

3. Вибір номінальної напруги мережі. Вибір перерізу проводів і жил кабелів за економічною щільністю струму і за економічними інтервалами. Перевірка перерізу за умовами допустимого нагрівання.

4. Вибір перерізу проводів у розподільних мережах. Особливості вибору перерізу за допустимою втратою напруги. Узгодження перерізу проводів з апаратурою, що захищає мережу від перегріву.

5. Схеми електричних мереж. Основні типи мереж. Засоби підключення підстанцій до мережі. Типові схеми підстанцій.

ЗМ 1.4. Електрозбереження та якість електроенергії (0,5/18)  
(назва змістового модулю) (кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи:

1. Показники якості електроенергії за ДСТУ. Вплив якості електроенергії на роботу мереж і електроприймачів. Соціальні проблеми якості електроенергії (безпека, комфортність, продуктивність праці й ін.)

2. Центральне і місцеве регулювання напруги в електроенергетичних системах. Регулювання напруги на електростанціях і підстанціях. Трансформатори з РПН і ПБВ. Лінійні регульовальні трансформатори.

3. Регулювання напруги зміною опору мережі і зміною потоку реактивної потужності. Розрахунок устроїв, що компенсують, за умовою регулювання напруги.

4. Методи розрахунку втрат енергії. Метод графічного інтегрування. Розрахунок за часом найбільших втрат  $\tau$ . Метод  $\tau P$  і  $\tau Q$ .

5. Класифікація заходів щодо зменшення втрат електричної енергії. Заходи щодо зниження втрат електроенергії в мережах, що живлять. Заходи щодо зниження втрат у розподільних мережах.

Модуль 2. Основи аналізу сталого режиму електричних систем та мереж й керування ними (3/108)  
(назва модулю) (кількість кредитів/годин)

ЗМ 2.1. Аналіз сталого режиму електричних систем та мереж традиційними методами (1,0/36)

(назва змістового модулю)

(кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи:

1. Статичні характеристики елементів й підсистем електричних систем та мереж.

2. Особливості розрахунку режиму електричних мереж. Вибір номінальної напруги та конфігурації схеми електричних мереж.

3. Вибір потужності трансформаторів на підстанції та розрахунок попереднього поточкорозподілу.

4. Вибір кількості кіл і перерізів проводів.

5. Розрахунок режимів роботи електричних мереж з двобічним живленням.

6. Метод перетворення складнозамкнутих електричних мереж. Метод контурних рівнянь. Метод накладання. Метод вузлових потенціалів.

ЗМ 2.2 Аналіз сталого режиму електричних систем та мереж формалізованими методами (0,5/18)

(назва змістового модулю)

(кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи

1. Елементи теорії матричного числення. Види матриць. Алгебраїчні дії з матрицями. Визначник і його властивості. Зворотна матриця і її обчислення. Матричні рівняння.

2. Рівняння вузлових потенціалів. Базисний і балансуєчий вузли. Формування матриць «Y» і «Z». Алгоритми розрахунку матриць «Y» і «Z».

3. Рівняння вузлових потенціалів у формі балансу вузлових потужностей. Приведення комплексних рівнянь вузлових потенціалів до речовинної форми запису. Рівняння втрат потужності в мережі.

4. Методи розрахунку режимів електричних мереж. Метод простих ітерацій і його застосування до рішення системи рівнянь із матрицею «Z». Блок-схема алгоритму. Збіжність методу простих ітерацій.

5. Метод Зейделя. Рівняння і блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму електричної мережі методом Зейделя на прикладі програми РРС-9. Методи поліпшення збіжності.

6. Ітераційний метод Ньютона. Матриця Якобі для електричної мережі й алгоритм її формування. Блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму методом Ньютона.

ЗМ 2.3. Питання оптимізації режимів електричних систем (0,5/18)

(назва змістового модулю)

(кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи

1. Математичні передумови оптимізації. Формулювання задачі. Прямої метод оптимізації. Метод Лагранжа.

2. Економічні характеристики теплових агрегатів. Оптимізація розподілу активних потужностей в енергосистемі. Відносний приріст витрати палива.

Обчислення відносних приростів втрат у мережах.

3. Розподіл активного навантаження в енергосистемі з тепловими і гідравлічними електростанціями.

4. Розподіл генерації реактивної потужності в електричній системі. Комплексна задача розподілу активних і реактивних потужностей.

5. Вибір потужності устроїв, що компенсують, на підстанції. Оптимізація за умови мінімальних втрат. Оптимізація з умови мінімальних приведених витрат.

ЗМ 2.4. Курсовий проект

(1/36)

(назва змістового модулю)

(кількість кредитів/годин)

Навчальні елементи

1. Розрахунки балансів активної і реактивної потужностей.

2. Спрощені розрахунки потокорозподілу.

3. Техніко-економічні розрахунки та вибір оптимального варіанту.

4. Ітераційні розрахунки сталих режимів (ручне рахування і застосування засобів обчислювальної техніки).

5. Розрахунки по регулюванню напруги.

6. Вибір устроїв, що компенсують.

## 2.3. Лекційний курс

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура) 6.050701 - Електротехніка та електротехнології ЕСЕ
1	2
Модуль 1	
Тема 1. Вступ. Місце в системі підготовки фахівців, характеристика структури і змісту курсу. Історія розвитку електричних систем і мереж. Загальні поняття про електричні системи. Характеристика сучасного стану Енергетики в Україні, країнах СНД і світової енергетики.	1
Тема 2. Класифікація електричних мереж. Вимоги до електричних мереж. Номінальна напруга елементів електричних систем. Система позначень.	
Тема 3. Режими нейтралі в електричних мережах. Конструктивне виконання повітряних та кабельних ліній.	
Тема 4. Класифікація споживачів електричної енергії.	1
Тема 5. Вимоги до електричних мереж.	
Тема 6. Основні елементи ліній електропередач.	



1	2
Тема 7. Схеми електричних мереж. Схеми місцевих розподільних мереж. Схеми районних розподільних мереж. Принципи побудови системоутворюючих мереж змінного струму.	
Тема 8. Параметри схем заміщення повітряних та кабельних ліній електропередач.	1
Тема 9. Схеми заміщення ліній електропередач. Параметри та схеми заміщення трансформаторів.	
Тема 10. Втрати потужності та електричної енергії в лініях і трансформаторах. Втрати потужності та електричної енергії в трансформаторах. Способи зображення комплексних навантажень на розрахункових схемах.	1
Тема 11. Спад та втрата напруги в елементах електричної мережі. Спад і втрата напруги в лініях, напругою до 35 кВ включно з декількома навантаженнями.	1
Тема 12. Окремі випадки розрахунку режиму напруги в лініях напругою до 35 кВ. Розрахунок режиму напруги в лініях напругою 110-220 кВ.	1
Тема 13. Задачі і стадійність проектування електричних систем і мереж. Основні техніко-економічні показники. Техніко-економічне порівняння варіантів.	1
Тема 14. Класифікація споживачів по ступені надійності споживачів. Врахування чинника надійності при проектуванні електричних мереж.	
Тема 15. Вибір номінальної напруги мережі. Вибір перерізу проводів і жил кабелів за економічною щільністю струму і за економічними інтервалами. Перевірка перерізу за умовами допустимого нагрівання.	
Тема 16. Вибір перерізу проводів у розподільних мережах. Особливості вибору перерізу за допустимою втратою напруги. Узгодження перерізу проводів з апаратурою, що захищає мережу від перегріву.	1
Тема 17. Схеми електричних мереж. Основні типи мереж. Засоби підключення підстанцій до мережі. Типові схеми підстанцій.	
Тема 18. Показники якості електроенергії за ДСТУ. Вплив якості електроенергії на роботу мереж і електроприймачів. Соціальні проблеми якості електроенергії (безпека, комфортність, продуктивність праці й ін.)	1
Тема 19. Центральне і місцеве регулювання напруги в електроенергетичних системах. Регулювання напруги на електростанціях і підстанціях. Трансформатори з РПН і ПБВ. Лінійні регулювальні трансформатори.	
Тема 20. Регулювання напруги зміною опору мережі і зміною потоку реактивної потужності. Розрахунок устроїв, що компенсують, за умовою регулювання напруги.	1
Тема 21. Методи розрахунку втрат енергії. Метод графічного інтегрування. Розрахунок за часом найбільших втрат $\tau$ . Метод $\tau P$ і $\tau Q$ .	
Тема 22. Класифікація заходів щодо зменшення втрат електричної енергії. Заходи щодо зниження втрат електроенергії в мережах, що живлять. Заходи щодо зниження втрат у розподільних мережах.	

1	2
Всього за модулем 1	10
Модуль 2	
Тема 1. Статичні характеристики елементів й підсистем електричних систем та мереж.	1
Тема 2. Особливості розрахунку режиму електричних мереж. Вибір номінальної напруги та конфігурації схеми електричних мереж.	
Тема 3. Вибір потужності трансформаторів на підстанції та розрахунок попереднього поточкорозподілу.	
Тема 4. Вибір кількості кіл і перерізів проводів.	1
Тема 5. Розрахунок режимів роботи електричних мереж з двобічним живленням.	
Тема 6. Метод перетворення складнозамкнутих електричних мереж. Метод контурних рівнянь. Метод накладання. Метод вузлових потенціалів.	
Тема 7. Елементи теорії матричного числення. Види матриць. Алгебраїчні дії з матрицями. Визначник і його властивості. Зворотна матриця і її обчислення. Матричні рівняння.	1
Тема 8. Рівняння вузлових потенціалів. Базисний і балансуєчий вузли. Формування матриць «Y» і «Z». Алгоритми розрахунку матриць «Y» і «Z».	
Тема 9. Рівняння вузлових потенціалів у формі балансу вузлових потужностей. Приведення комплексних рівнянь вузлових потенціалів до речовинної форми запису. Рівняння втрат потужності в мережі.	
Тема 10. Методи розрахунку режимів електричних мереж. Метод простих ітерацій і його застосування до рішення системи рівнянь із матрицею «Z». Блок-схема алгоритму. Збіжність методу простих ітерацій.	1
Тема 11. Метод Зейделя. Рівняння і блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму електричної мережі методом Зейделя на прикладі програми РРС-9. Методи поліпшення збіжності.	
Тема 12. Ітераційний метод Ньютона. Матриця Якобі для електричної мережі й алгоритм її формування. Блок-схема алгоритму розрахунку сталого режиму методом Ньютона.	
Тема 13. Математичні передумови оптимізації. Формулювання задачі. Прямий метод оптимізації. Метод Лагранжа.	1
Тема 14. Економічні характеристики теплових агрегатів. Оптимізація розподілу активних потужностей в енергосистемі. Відносний приріст витрати палива. Обчислення відносних приростів втрат у мережах.	
Тема 15. Розподіл активного навантаження в енергосистемі з тепловими і гідравлічними електростанціями.	
Тема 16. Розподіл генерації реактивної потужності в електричній системі. Комплексна задача розподілу активних і реактивних потужностей.	1
Тема 17. Вибір потужності устроїв, що компенсують, на підстанції. Оптимізація за умови мінімальних втрат. Оптимізація з умови мінімальних приведених витрат.	
Всього за модулем 2	8
<b>Всього</b>	<b>18</b>

## 2.4. Практичні (семінарські) заняття

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура) 6.050701 ЕСЕ
1	2
<b>Модуль 1</b>	
Тема 1. Розрахунок радіальної розгалуженої лінії 380 В. Вибір перерізу проводів.	1
Тема 2. Розрахунок петльової кабельної мережі 10 кВ. Вибір перетину жил кабелів.	
Тема 3. Розрахунок параметрів схеми заміщення лінії електропередачі.	
Тема 4. Розрахунок параметрів схеми заміщення двохобмоткового трансформатору.	
Тема 5. Розрахунок параметрів схеми заміщення триобмоткового трансформатору та автотрансформатору.	
Тема 7. Розрахунок режиму роботи розімкнутої мережі "у два етапи". Розрахунок втрат потужності і напруги.	1
Тема 8. Розрахунок режиму лінії з двостороннім живленням. Розрахунок кільцевої мережі.	
Тема 9. Розрахунок складнозамкненої мереж методом контурних потужностей.	
Тема 10. Розрахунок складнозамкненої мережі методом перетворення мережі.	
Тема 11. Розрахунок лінії з рівномірно розподіленим навантаженням.	
Тема 12. Контрольна робота. Здача завдань.	1
Тема 13. Розрахунок балансів активної та реактивної потужності.	1
Тема 14. Розміщення пристроїв, що компенсують, на підстанціях. Визначення варіантів схеми електропостачання промислового району.	
Тема 15. Обґрунтування можливості технічної реалізації варіантів схеми електропостачання. Розрахунок потокорозподілу без обліку втрат потужності. Вибір номінальної напруги. Вибір перетину проводів. Розрахунок напруги у вузлах.	
<b>Всього по модулю 1</b>	<b>4</b>
<b>Модуль 2</b>	
Тема 1. Техніко-економічне порівняння варіантів. Вибір схем підстанцій. Розрахунок капітальних витрат на будівництво ліній і підстанцій.	1
Тема 2. Визначення очікуваного збитку від перерв електропостачання. Вибір оптимального варіанта схеми електропостачання.	
Тема 3. Уточнені розрахунки режимів роботи мережі.	

Продовження табл.

1	2
Тема 4. Регулювання напруги. Уточнення балансу реактивної потужності.	1
Тема 5. Розробка електричної схеми району. Визначення собівартості передачі електричної енергії. Вимоги по оформленню проекту.	
Тема 6. Контрольна робота. Здача завдань.	
Тема 7. Розрахунок ступіней регулювання трансформаторів і авто трансформаторів. Вибір ЛРТ.	1
Тема 8. Розрахунок устроїв, що компенсують, за для регулювання напруги	
Тема 9. Розрахунки втрат енергії. Метод графічного інтегрування. Розрахунок за часом найбільших утрат $\tau$ . Метод $\tau_p$ і $\tau_Q$ .	
Тема 10. Контрольна робота. Здача завдань	
Тема 11. Формування матриць «Y» і «Z».	1
Тема 12. Порівняне вирішення систем рівнянь методом простих ітерацій та методом Зейделя.	
<b>Всього по модулю 2</b>	4
<b>Всього по курсу</b>	8

## 2.5. Лабораторні роботи

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура)
	ЕСЕ
Лабораторна робота 1. Регулювання напруги в електричних мережах.	2
Лабораторна робота 2. Дослідження режиму роботи замкнутої неоднорідної електричної мережі.	2
Лабораторна робота 3. Кругові діаграми потужності.	2
Лабораторна робота 4. Програма розрахунку сталих режимів електричної мережі РРС-9.	2
<b>Всього</b>	<b>8</b>

## 2.6. Індивідуальні завдання: курсний проект (робота), РГР, контрольна робота тощо

РГР, КП	Тематика	Зміст	Обсяг у годинах
РГР	Розрахунки електричних мереж	Розрахунки та вибір перетину проводів та жил кабелів. Розрахунки трансформаторів.	18
КП	Електропостачання промислового району	Проектування живлючої електричної мережі промислового району	36
<b>Всього</b>			<b>54</b>

## 2.7. Самостійна навчальна робота студента

№ п.п.	Форми самостійної роботи	Обсяг у годинах
1.	Індивідуальна	45
2.	Вивчення навчальної літератури	35
3.	Вирішення задач	25
4.	Складання конспектів	15
5.	Проведення самоконтролю	6
	<b>Всього</b>	<b>126</b>

## 2.8. Засоби контролю та структура залікового кредиту

	Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні завдання тощо)	Розподіл балів, %
	<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 1.1	Контрольна робота.	10
ЗМ 1.2	Контрольна робота.	15
ЗМ 1.3	Контроль за виконанням.	15
ЗМ 1.4	РГР	20
	<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 1</b>	40
	Всього за модулем 1	100%
	<b>МОДУЛЬ 2. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 2.1	Контрольна робота.	10
ЗМ 2.2	Контрольна робота.	10
ЗМ 2.3	Контроль за виконанням.	10
ЗМ 2.4	КП	30
	<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 2</b>	40
	Всього за модулем 1	100%

## 2.9. Інформаційно-методичне забезпечення

Бібліографічні описи, Інтернет адреси	ЗМ, де застосовується
<b>2.9.1. Рекомендована основна навчальна література</b> (підручники, навчальні посібники, інші видання)	
1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.	ЗМ1-ЗМ2 1
2. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова – М.: Высш. шк., 1998. – 511 с.	ЗМ1-ЗМ2 2
3. Электрические системы и сети / Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Г.И. Денисенко, В.С. Перхач; под ред. Г.И. Денисенко. – К.: Вища шк., 1986. – 584 с.	ЗМ1-ЗМ2
4. Петренко Л.И. Электрические сети: Сборник задач. – Киев: Высш. шк., 1985. – 271 с.	ЗМ1

Бібліографічні описи, Інтернет адреси	ЗМ, де застосовується
5. Сендерович Г.А. Электричні системи і мережі: короткий конспект лекцій за курсом „ Электричні системи і мережі”. Харків: ХДАМГ, 2003. – 73 с.	ЗМ1-ЗМ2
6. Проектирование систем электроснабжения: Уч. пособие / О.Г.Гриб, А.Л. Ерохин, Г.А. Сендерович, К.А. Старков.– Харьков: ХГАГХ, 2002. – 185 с.	ЗМ2.4
7. Проектирование питающих сетей: Уч. пособие / О.Г.Гриб, Г.А. Сендерович, В.Н. Полищук, О.Н. Довгалюк, Д.Н. Калюжный.– Харьков: ХГАГХ, 2007. – 217 с.	ЗМ2.4
<b>2.9.2. Додаткові джерела</b> (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)	
1. Электрические сети энергетических систем / В.А. Боровиков, В.К. Косарев, Г.А. Ходот. – Л.: Энергия, 1977. – 391 с.	ЗМ1.1
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электрических станций и подстанций: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.	ЗМ1.1
3. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 1997. 30 с.	ЗМ2.1
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.	ЗМ2.4
<b>2.9.3. Методичне забезпечення</b> (реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)	
1. Методические указания к самостоятельному изучению курса «Электрические системы и сети» / Сост.: Сендерович Г.А., Довгалюк О.Н. – Харьков: ХГАГХ, 2001.- 58 с. (Имеется электронная версия).	ЗМ1-ЗМ2
2. Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу "Електричні системи та мережі" і виконання контрольних завдань (для студентів денної форми навчання спеціальності 6.090603) / Укл.: Сендерович Г.А., Довгалюк О.Н., Калюжний Д.М. - Харків: ХГАГХ, 2006.- 40 с.	ЗМ1-ЗМ2
3. Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу "Електричні системи та мережі" і виконання контрольних завдань (для студентів заочної форми навчання спеціальності 6.090603) / Укладачі: Сендерович Г.А., Довгалюк О.Н., Калюжний Д.М. - Харків: ХГАГХ, 2007.- 58 с.	ЗМ1-ЗМ2
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Електричні системи та мережі" / Укл.: Сендерович Г.А., Щербакова П.Г., Довгалюк О.Н., Калюжний Д.М. - Харків: ХГАГХ, 2008.- 56 с.	ЗМ2

Бібліографічні описи, Інтернет адреси	ЗМ, де застосовується
5. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Електричні системи та мережі” (для студентів 3 курсу денної та 3,4 курсів заочної форм навчання напряму 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” (0906 – “Електротехніка”) зі спеціальності “Електротехнічні системи електроживлення”). Укл.: Сендерович Г.А., Довгалюк О.М., Калюжний Д.М., Щербакова П.Г., Блощенко Т.В. - Харків: ХНАМГ, 2009. - 41с.	ЗМ1
6. Сендерович Г.А. Краткий конспект лекций по курсу «Электрические системы и сети» (для студентов IV курса заочной формы обучения специальности 7.090603) - Харьков: ХГАГХ, 2001.- 69 с. (Электронная версия)	ЗМ1-ЗМ2
7. Контрольный пример к курсовому проекту «Расчеты в электрических сетях» по курсу «Электрические системы и сети» / Составитель Сендерович Г.А. – Харьков: ХГАГХ, 2001.- 27 с. (Электронная версия)	ЗМ1.4

*Навчальне видання*

Програма навчальної дисципліни та  
робоча програма навчальної дисципліни  
**«Електричні системи та мережі»**  
(для слухачів другої вищої освіти  
за напрямом підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології»  
зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання»)

Укладач: **ПЕРЕПЕЧЕНИЙ** Віталій Олександрович

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання: *Ю. Ю. Конюшенко*

План 2011, поз. 266 Р

---

Підп. до друку 19.02.2013 р.  
Друк на ризографі  
Тираж 10 пр.

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 1,0  
Зам. № 9287

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4064 від 12.05.2011 р.